

RTK-GNSS 計測の誤差評価に関する一考察

国際航業(株) 正会員 ○加藤大佑 武石 朗 手束宗弘
鹿島建設(株) 正会員 永谷英基 川野健一

1. 目的

これまで、RTK (Real Time Kinematic) 方式の GNSS 計測システムを市街地においても比較的位置の制約が少ない電柱に試験的に設置し、シールド工事や開削工事と言った広範囲での地表面沈下計測が求められる現場への常時監視の適用性を検証してきた¹⁾²⁾。その中で、比較的緩慢な沈下傾向は母集団移動平均法、急速な沈下傾向は恒星日差分法という新たな誤差評価手法を用いることで変位の検出が可能であることが確認された。また、荒天時でもマルチパスや電柱の揺れ等の影響を受けず、安定して計測できることが分かった。現在は実現場への適用に向けて、更なる精度向上手法を検討している。

そこで、恒星日差分値について時間帯別の標準偏差に差異があることに着目し、これを用いた誤差評価手法とカルマンフィルタの適用により、リアルタイム性向上や精度向上の実現性について検討を行った。

2. RTK-GNSS 地盤変位計測システムの概要 (図-1)

- ・使用する GNSS センサは、アンテナが u-blox M8 の RTK 測位用に開発された一周波型のセンサである。
- ・RTK 測位は干渉測位の一種であり、干渉測位では観測開始時に搬送波波長の整数個 (整数値バイアス) を決定 (初期化) する必要があり、解を得るまでに時間を要する。しかしながら、RTK 測位は On The Fly 法により即時に初期化を行うため、短時間 (数秒に 1 回程度) での計測結果の出力を可能としている。
- ・RTK 測位は一般に cm 単位の誤差を含むが、本計測システムでは後述の誤差処理手法により、南北・東西・高さの 3 成分で mm 単位の精度を確保している。
- ・使用する衛星は GPS, QZSS, GLONASS である。
- ・市街地においても比較的設置位置に制約のない電柱に設置するため、東京電力 (株) の PHS 等基地局施設共架技術基準を参照し、構造を決定した (図-2)。
- ・現地の計測結果データはサーバ上で誤差評価を行い、インターネット上でリアルタイムに閲覧可能である。



図-1 RTK-GNSS 地盤変位計測システムの概要図

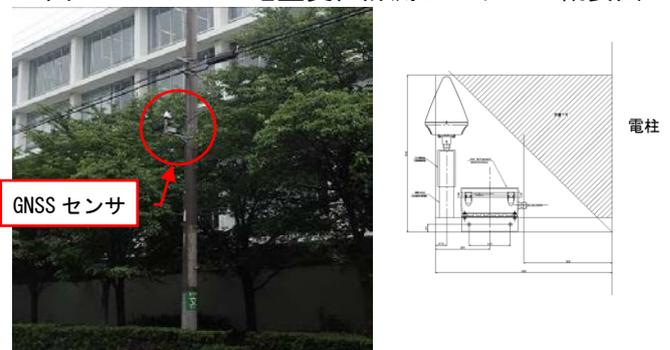


図-2 GNSS センサ (G-3) の設置状況と構造図

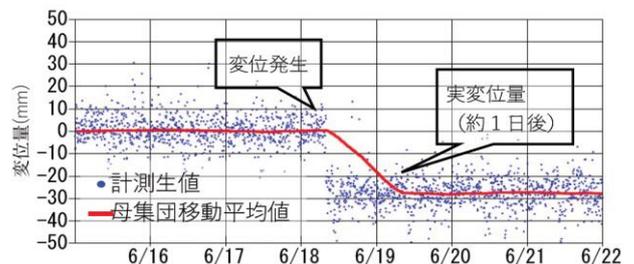


図-3 生値と母集団移動平均値の時系列グラフ

3. 誤差評価手法の概要

1) 母集団移動平均法

本システムでは計測結果に対して、24 時間を母数とした移動平均を求めることで cm 単位の誤差を含む RTK 値から mm 単位の精度向上を行っている。24 時間を母数とすることで衛星配置や日周期といった特性値が同じとなり、加えて、RTK 測位のようにデータ量が多い場合には平均値が最尤推定値と同義となる (中心極限定理)。しかしながら、本手法は母数分の時間的遅れが生じるため (図-3)、地すべりや地盤沈下等の比較的緩慢な変位は高精度に把握可能であるが、即時性に欠ける。

キーワード : GNSS, RTK-GNSS, 衛星, 地表面変位, 変位計測, 連続モニタリング

連絡先 〒183-0057 東京都府中市晴見町 2-24-1 国際航業 (株) TEL 042-307-7210

2) 恒星日差分法

恒星日差分法は、衛星配置が同じ 1 恒星日 (23 時間 56 分) 前の値と現在の値の差分を取ることで、衛星配置の影響を除去する手法である。変位検出精度は母集団移動平均法にやや劣るが、時間的遅れは少なく即時性に優れている特徴を有する。実際に地震時に法面の変位を迅速に把握できた事例もある³⁾。

4. 恒星日差分法の誤差評価に関する考察

実現場への適用に向け、恒星日差分法の精度や即時性の更なる向上を行うための検討を実施した。

1) 恒星日差分値の時間依存性

恒星日差分値の誤差要因として、①衛星配置の違いや、②測位に用いる衛星の切替りの影響等が考えられる。そこで、数日分のデータを用いて時間毎に標準偏差を算出したところ、日にちによらず時間帯毎の標準偏差は同じような値を示し、時間依存性を有することが確認された (図-4)。また、標準偏差の時間依存性は計測地点毎に異なっており、衛星配置や衛星の切替りの影響によるものと推察される。

この時間依存性を利用し、例えば時間帯別標準偏差の逆数で恒星日差分値に重み付けを行うことで (図-5)、更なる精度向上が見込まれる。今後はこの重み付けの方法を更に検討していく予定である。

2) カルマンフィルタの適用

カルマンフィルタは観測値と観測方程式、状態方程式から真の値を推定する方法 (図-6) であり、即時性向上を期待できる。例えば、恒星日差分値は計測頻度が数秒毎だが、誤差が±5mm 程度あるために実際の変位が発生した際は変位の検出までに数 10 分程度かかる。それでも従来の計測手法と比較すると即時性は非常に高いが、カルマンフィルタを適用することで更なる即時性の向上が期待できる。

5. まとめ

RTK-GNSS 計測の誤差評価に関して、恒星日差分値の時間依存性を確認し、この時間依存性を利用した重み付けやカルマンフィルタを用いることにより、精度や即時性の更なる向上が見込まれることを示した。

参考文献

- 1) 永谷英基, 久保田光太郎, 吉迫和生, 加藤大佑, 武石朗, 手束宗弘: 電柱を利用した GNSS による地表面変位連続モニタリング技術, 第 75 回土木学会年次学術講演会, 2020.
- 2) 加藤大佑, 武石朗, 手束宗弘, 永谷英基, 久保田光太郎, 吉迫和生: 計測環境が良くない市街地での GNSS における変位計測の適用例, 第 74 回土木学会年次学術講演会, 2019.
- 3) 村上豊和, 殿垣内正人, 井上幸一, 小西貴士, 松本修司, 田山聡: 新名神高速道路における大阪北部地震時のモニタリング結果の考察, 第 54 回地盤工学研究発表会, 2019.

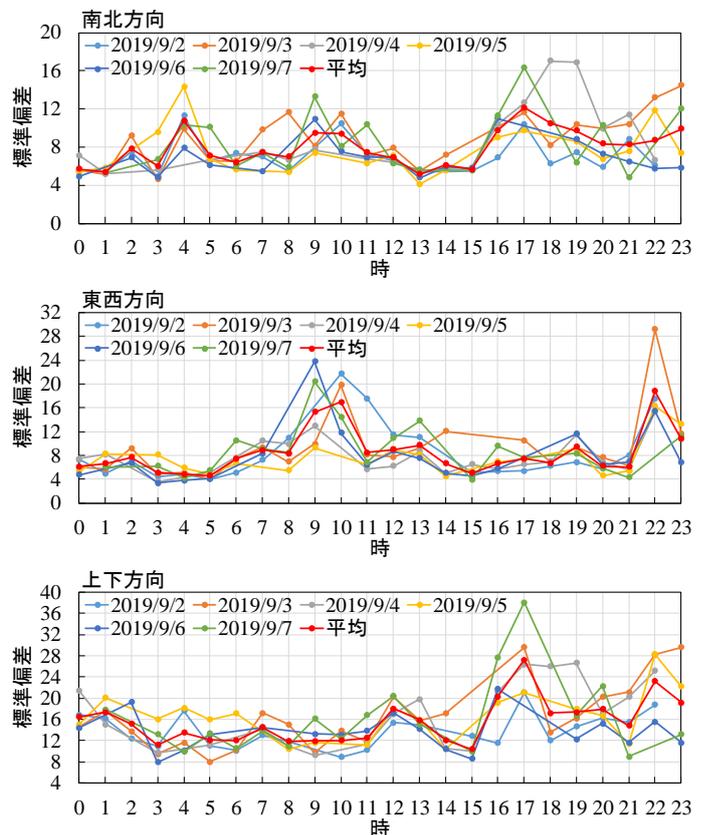


図-4 恒星日差分値の時間帯別標準偏差(G-3)

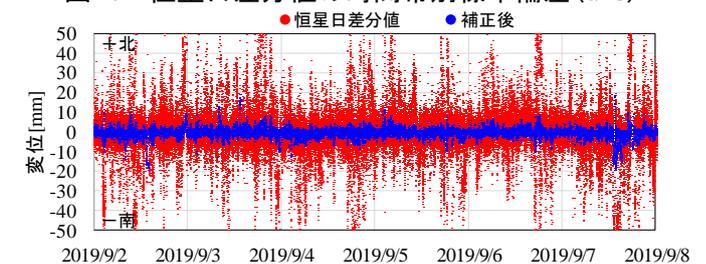


図-5 時間帯標準偏差の逆数を用いた補正の一例

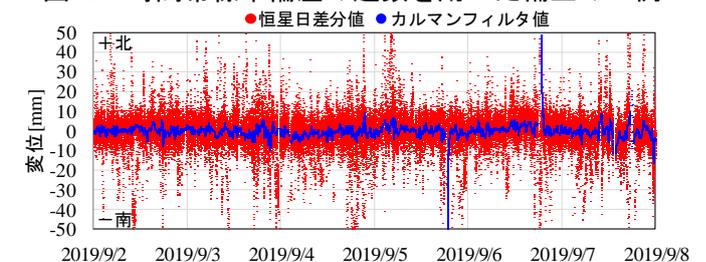


図-6 恒星日差分値へのカルマンフィルタの適用例